

JP2002359138

Publication Title:

PATTERNING METHOD OF MAGNETIC SUBSTANCE, MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC RANDOM ACCESS MEMORY

Abstract:

Abstract of JP2002359138

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide patterning of a ferromagnetic substance by a simplified manufacturing method. **SOLUTION:** A ferromagnet layer containing one element among Fe, Co, Ni is formed on a substrate. A ferromagnet layer surface is selectively masked, and an exposed part is exposed to reaction gas containing halogen. Magnetism of the exposed part and its lower layer is deformed by chemical reaction, and a non-ferromagnet substance region is formed.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-359138

(P2002-359138A)

(43)公開日 平成14年12月13日 (2002.12.13)

(51)Int.Cl.⁷

H 01 F 41/34
G 11 B 5/64
5/65
5/82
5/84

識別記号

F I

H 01 F 41/34
G 11 B 5/64
5/65
5/82
5/84

テマコード*(参考)

5 D 0 0 6
5 D 1 1 2
5 E 0 4 9
5 F 0 8 3

Z

審査請求 未請求 請求項の数13 O.L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2001-399848(P2001-399848)

(22)出願日

平成13年12月28日 (2001.12.28)

(31)優先権主張番号

特願2001-102215(P2001-102215)

(32)優先日

平成13年3月30日 (2001.3.30)

(33)優先権主張国

日本 (JP)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 鎌田 芳幸

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 内藤 勝之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74)代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外7名)

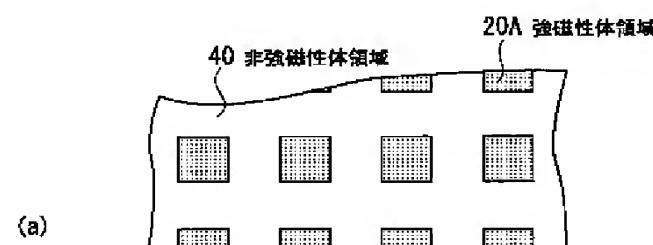
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁性体のパターニング方法、磁気記録媒体、磁気ランダムアクセスメモリ

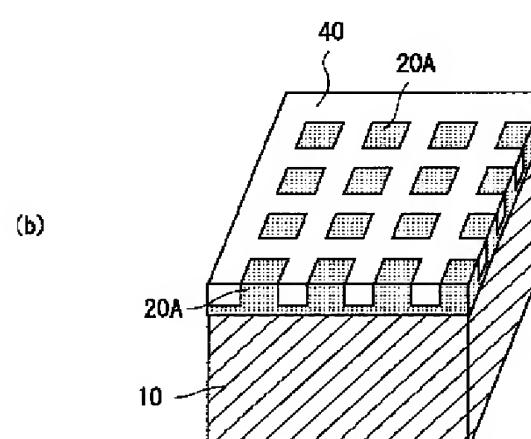
(57)【要約】

【課題】 強磁性体のパターニングを、簡易化された製造方法で提供する。

【解決手段】 基板上にFe, Co, Niのいずれかの元素を含む強磁性体層を形成し、強磁性体層表面を選択的にマスクし、露出部をハロゲンを含む反応ガスに曝し、化学反応により該露出部およびその下層を、化学的に磁性を変質させ、非強磁性体領域とする。



(a)



(b)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体層を形成する工程と、前記強磁性体層表面を選択的にマスクする工程と、前記強磁性体層表面の露出部をハロゲンを含む活性な反応ガス若しく反応液に曝し、化学反応により前記露出部およびその下層を、前記反応ガス若しくは前記反応液中の成分との化合物に変質させ、非強磁性化する反応工程とを有することを特徴とする磁性体のパターニング方法。

【請求項2】 前記ハロゲンは、フッ素であることを特徴とする請求項1に記載の磁性体のパターニング方法。

【請求項3】 前記化合物は、フッ化コバルトであることを特徴とする請求項1または2に記載の磁性体のパターニング方法。

【請求項4】 前記非強磁性化する工程は、前記ハロゲンを含む活性な反応ガスをプラズマ発生手段を用いて作製することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の磁性体のパターニング方法。

【請求項5】 前記マスクする工程は、前記強磁性体層表面にブロックコポリマー層を形成し、前記ブロックコポリマーの自己組織化現象により前記露出部に対応する複数の島状組織領域および前記島状組織領域を互いに分離する分離領域とを形成する工程と、前記島状領域を除去する工程とを有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の磁性体のパターニング方法。

【請求項6】 前記反応工程後に、前記分離領域を除去し、前記島状領域に対応する磁気記録領域および前記分離領域に対応する非強磁性領域とを形成することを特徴とする請求項5記載の磁性体のパターニング方法。

【請求項7】 前記磁気記録領域に、磁気ヘッドとの相対位置及び相対速度の少くとも一方を制御するためのサーボ情報を書き込むことを特徴とする請求項6に記載の磁性体のパターニング方法。

【請求項8】 Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体からなる複数の記録領域と、前記記録領域をそれぞれ互いに分離する非強磁性体領域とを有する磁気記録媒体において、前記非強磁性体領域は、前記強磁性体とハロゲンとの化合物であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項9】 前記ハロゲンが、フッ素であることを特徴とする請求項8に記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 前記化合物層が、フッ化コバルトであることを特徴とする請求項9に記載の磁気記録媒体。

【請求項11】 Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体からなる複数の記録領域と、前記記録領域をそれぞれ互いに分離する非強磁性

体領域とを有するサーボ層を具備する磁気記録媒体において、

前記非強磁性体領域は、前記強磁性体とハロゲンとの化合物であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項12】 前記サーボ層上に形成された非磁性体層と、

前記非磁性体層上に形成された記録層とを有することを特徴とする請求項11記載の磁気記録媒体。

【請求項13】 基板表面に形成された下部電極層と、前記下部電極上に、Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む第1強磁性体で形成された第1強磁性体層と、

前記第1強磁性体層上に形成されたトンネル絶縁層と、前記トンネル絶縁層上に、Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む第2強磁性体で形成された第2強磁性体層と、

前記第1強磁性体層、前記トンネル絶縁層および前記第2強磁性体層の周囲を囲む絶縁層とを有し、

前記絶縁体層は、前記第1強磁性体およびハロゲンの化合物層と、前記第2強磁性体層および前記ハロゲンの化合物層とを具備することを特徴とする磁気ランダムアクセスメモリ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高密度磁気記録技術に関し、磁性体のパターンニング方法およびこの方法を用いて作製されたパチードメディア等の磁気記録媒体やその他の磁性体製品、およびこの磁気記録媒体を備えた磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスクドライブ（以下、HDDという。）の記録容量の増大に伴う磁気記録媒体の面記録密度の向上により、磁気記録媒体上の各記録ビットサイズは数10nm程度の極めて微細なものになってきている。このような微細な記録ビットから再生出力を得るには、各ビットに可能な限り大きい飽和磁化と膜厚の確保が必要となる。しかし、記録ビットの微細化は、1ビットあたりの磁化量を小さくし、「熱搖らぎ」による磁化反転で、磁化情報の消失という問題を生じている。

【0003】一般に、この「熱搖らぎ」は、 $K_u \cdot V / kT$ （ここで、 K_u は異方性定数、 V は磁化最小単位体積、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度である）の値が小さい程影響が大きくなり、経験的には、 $K_u \cdot V / kT < 100$ で「熱搖らぎ」による磁化の反転が生じると言われている。

【0004】長手磁気記録方式の磁気記録媒体では、記録密度の高い領域の記録ビット内の減磁界が強くなるため、磁性粒子径が比較的大きいうちから「熱搖らぎ」の影響を受けやすい。これに対し、垂直磁気記録方式の磁

気記録媒体では、膜厚方向に磁性粒子を成長させることで、媒体表面の粒径は小さいまま磁化最小単位体積Vを大きくできるため、「熱揺らぎ」の影響を抑制できる。しかし、今後HDDの高密度化がさらに進めば、たとえ垂直磁気記録方式であっても熱揺らぎ耐性に限界が出てくる。

【0005】この熱揺らぎ耐性の問題を解決する方法として、「パターンドメディア」と呼ばれる磁気記録媒体が注目されている。パターンドメディアとは、一般には、非磁性体層中に記録ビット単位となる磁性体領域を複数、それぞれ独立に形成した磁気記録媒体をいう。一般的のパターンドメディアでは、非磁性体層として、例えば SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 などの酸化物や Si_3N_4 、 AlN 、 TiN などの窒化物、 TiC などの炭化物、 BN 等の硼化物が用いられ、これらの非磁性体層中に選択的に強磁性体領域が形成されている。

【0006】パターンドメディアは、記録ビット単位である強磁性体領域が独立しているので、各々の記録ビット間の干渉を防止することができ、隣接ビットによる記録の消失や雑音の低減に効果がある。また、パターニングにより、磁壁移動抵抗が増大し（磁壁のピンニング効果）、磁気特性の向上を狙うことができる。

【0007】一方、HDDでは、磁気記録媒体上に予め記録されたサーボ情報により、磁気ヘッドを磁気記録媒体上の目標位置（目標トラック）に位置決めあるいは移動速度の制御を行っている。一般に、このサーボ情報は、磁気記録媒体上の円周方向に所定の間隔で半径方向に設けられたサーボ領域（サーボセクタ）に記録されている。

【0008】通常、サーボ情報の書き込みは、ドライブ本体の筐体の内部に磁気記録媒体と磁気ヘッドとを組み込んだ後に、サーボライタと称するサーボ書き込み装置を用いて行われる。しかしながら、HDDの高記録密度化が進むと、それに比例してサーボ情報が増大するため、結果として磁気記録媒体上のサーボ領域の面積が増え、有効な記録領域（データ領域）の面積を狭めるという矛盾を抱えている。

【0009】これに対し、最近ではサーボ領域を磁気記録層とは別の深い層に埋め込んだ「深層サーボ方式」の磁気記録媒体構造が検討されている。この構造では、記録領域とサーボ領域とを上下に重ねて形成できるため、磁気記録媒体全面を記録領域として用いることができるとともに、サーボ領域も磁気記録媒体全面に形成できる。従って、記録領域を犠牲にせず、しかも磁気ヘッドをディスク上の任意の点で高精度にトラッキングさせることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述するパターンドメディアを製造するためには、大面積に微細な磁性体のパターンを形成する必要があるが、一方、新たな不揮発性

メモリ素子として、最近注目を集めているMRAM（Magnetic Random Access Memory）も、その製造には同様に集積度の高い磁性体のパターニングが必要とされている。

【0011】従来、これらの磁性体のパターニングでは、主に次の4つのプロセスが使用されている。まず、加工しようとする磁性体薄膜の形成プロセス、次に、磁性体薄膜上にレジスト膜を形成し、光、電子線、イオン線等を用いてレジスト膜にパターンを形成するリソグラフィープロセス、さらに、レジストパターンをマスクとし、磁性体薄膜をエッチングするプロセス、そして、残ったレジストやエッチングによる残留物を除去するプロセスである。このうち、薄膜形成プロセス、フォトリソグラフィープロセスおよび残留物除去プロセスは、半導体技術を流用することが可能であるが、磁性体は一般的な半導体材料と異なりエッチングが困難な材料であるので、半導体プロセスで使用される通常のRIE（Reactive Ion etching）を用いることは困難であり、かわりに、電界加速されたイオンが試料表面をスパッタすることによるイオンミリング等の物理的なエッチング方法が使用されている。

【0012】図13(a)から図13(e)に、イオンビームミリングを用いた従来のパターンドメディアの製造方法を示す。すなわち、まず、図13(a)に示すように、 Si 等の基板510上にスパッタ法等を用いて Fe 、 Co 、 Ni 等を含む強磁性体層520を形成する。次に、この強磁性体層520上に、所望のパターンに相当するレジストパターン530を電子ビーム描画で形成する。さらに、図13(b)に示すように、このレジストパターン530をマスクとして、イオンビームミリングを行い、露出部の強磁性体層520をエッチングする。この後、図13(c)に示すように、残ったレジスト膜を除去し、図13(d)に示すように、イオンミリングによって形成された溝を埋めるように非磁性体膜540を被覆し、最後に基板表面をCMP（Chemical Mechanical Polishing）を行うことで、図13(e)に示すパターンドメディアを得ている。

【0013】しかしながら、上述する従来の製造方法では、イオンビームミリングを用いて強磁性体層520を加工しているので、その加工表面の結晶にはダメージが残る。よって、さらなる磁気特性の向上のためにはダメージのない加工が望まれている。

【0014】また、イオンビームミリングによるエッチングは物理的なものなので、エッチング対象となる物質の違いによるエッチングレートの差はほとんど生じない。強磁性体層520とレジストパターン530とがほぼ同じ速度で削られるため、加工できる形状のアスペクト比は、マスクであるレジストパターン530の厚みに依存する。仮にレジストの凹凸段差が20nm程度であれば、エッチングされる強磁性体は20nmの深さが限

界となる。従って、アスペクト比の良い加工を行うためには、厚みの薄いレジストを使用することはできない。

【0015】また、高記録密度のHDDにおいては、磁気記録媒体と磁気ヘッドとのスペーシングを低減するため、磁気記録媒体の表面は平滑でなければならない。よって、図13(e)に示すように、エッチングされた強磁性体の凹部に非磁性体層540を埋め込んだ後、基板表面をCMP工程で平滑化する必要がある。このCMP工程は、パターンドメディアを形成する上でプロセス上の負担になっている。

【0016】一方、最近、パターンドメディアの一種である、ディスクリートトラック方式の媒体(IEEE Transactions on Magnetics Vol.25, No.5, pp3381-3383, 1989)が提案されている。これは、トラック間領域の磁性層をイオンミリング等でエッチングすることで、トラック領域のみに磁性層を形成したメディアであるが、媒体表面に磁性層の有無に起因する20~50nmの段差が存在し、この凹凸がシーク耐久性を著しく低下させるという問題を引き起こすことが指摘されている。

【0017】この媒体表面の凹凸の問題を解決するため、トラック間領域となるべき磁性層に、窒素イオンや酸素イオンを、イオン注入し、非磁性化させたディスクリート方式のメディアが提案されている(特開平5-205257号公報)。

【0018】また、平滑な表面を持つパターンドメディアを形成する方法として、マスクした媒体表面を選択的に酸化することでパターンドメディアを形成する方法が提案されている(米国特許番号6,168,845)。

【0019】これらの酸素イオンを注入する方法あるいは、部分的に表面を酸化させる方法は、エッチング工程を使用しないので、イオンミリングによる表面の凹凸の問題は発生しない。しかしながら、これらの方法は、いずれも非磁性化させた酸化領域の体積が増大し、酸化領域の媒体表面が盛り上がるため、完全に媒体表面の凹凸をなくすことはできない。

【0020】さらに、酸化反応を用いる場合は、酸化耐性が強いマスク材を用いることが望ましいので、これらのマスク材の除去にO₂アッシング工程等の通常のレジスト剥離工程を使用することができないため、プロセスの負担が大きい。

【0021】また、MRAMの製造に関しても、基板上に下層強磁性体層、トンネル酸化膜層および上層強磁性体層等の必要な膜を形成した後、各メモリ素子領域を画定する際に、イオンミリングを用いて物理的にこれらの層をエッチングするが、エッチングダメージやエッチング残渣により上下の強磁性体層間に短絡が生じることがある。従って、これらの問題のない、歩留まりが高く、しかも生産性の良い磁性体パターニング方法の使用が望まれている。

【0022】一方、磁気記録媒体に形成されるサーボ領

域の書き込みに関しても次のような課題が存在している。まず、通常のサンプルサーボ(セクタサーボ)方式を用いる場合は、従来のサーボライタを使用してサーボ情報を書き込む工程を必要とするが、ヘッドを移動制御して、磁気記録媒体上に設定される全トラックの各サーボ領域にサーボ情報を順次記録するため、製造工程の中でも長時間をする工程の一つとなっている。今後、記録密度が向上すると、サーボ情報量も多く必要になり、サーボライタによるサーボ情報の書き込み時間にさらに長時間を要するようになる。従って、高記録密度HDD装置を安価に量産するためには、サーボ情報の書き込み工程に要する時間を短縮化することが望まれている。

【0023】また、深層サーボ方式を用いた磁気記録媒体の場合においても、磁気記録媒体の形成以外に深層サーボ領域の形成を行う工程が必要であるとともに、深層サーボ方式の場合は、特に、全面にサーボ情報の書き込みを行うので、書き込みに要する時間的負担が極めて大きく、その短縮化に対する要請は上述するサンプルサーボ方式以上に大きい。

【0024】従って、サーボ情報の書き込みについても、従来のサーボライタを使用した方法に代えて、生産性の高い、磁気記録媒体へのサーボ情報の一括書き込みが可能な磁性体のパターニング方法の採用が望まれている。

【0025】本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、本発明の第1の目的は、種々の磁性体製品の製造に応用できる物理的ダメージがなく、生産性の高い磁性体パターニング方法を提供するものである。

【0026】本発明の第2の目的は、上記磁性体パターニング方法で形成したパターンドメディアを有する磁気記録媒体を提供することである。

【0027】本発明の第3の目的は、上記磁性体パターニング方法でサーボ情報の書き込みを行った磁気記録媒体を提供することである。

【0028】本発明の第4の目的は、上記磁性体パターニング方法を用いて作製されたMRAMを提供することである。

【0029】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の磁性体パターン方法は、Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体層を形成する工程と、この強磁性体層表面を選択的にマスクする工程と、強磁性体層表面の露出部を、ハロゲンを含む活性な反応ガス若しく反応液に曝し、化学反応により前記露出部およびその下層を、該反応ガス若しくは反応液中の成分との化合物に変質させ、非強磁性化する反応工程とを有することを特徴とする。

【0030】なお、ここで、「非強磁性化」とは、少なくとも強磁性体としての磁性を消失させることをいい、非磁性体、あるいは常磁性体的性質にかえることを

いう。

【0031】上記本発明の磁性体のパターニング方法の特徴によれば、ハロゲンと強磁性体層との化学的な反応により、選択的に非強磁性体層が形成されるので、強磁性体層と非強磁性体層からなる磁性パターンが形成できる。化学的反応を使用しているので、物理的なダメージがなく、しかも一括工程で広い領域をパターニングすることができる。また、ハロゲン化された非磁性体領域は、酸化のような体積膨張がないため、平滑化工程なしで、極めて良好な平滑表面を得ることができる。さらに、ハロゲン化反応を使用しているため、一般的なレジストが利用でき、レジスト除去に酸素アッシングを使用することも可能である。この磁性体パターニングを用いて、パターンドメディアや、磁気記録媒体へのサーボ情報の一括書き込み、さらにはMRAM等の磁気記録素子等、種々の磁性体製品の製造が可能になる。

【0032】本発明の第1の磁気記録媒体は、Fe, Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体からなる複数の記録領域と、その記録領域をそれぞれ互いに分離する非強磁性体領域とを有する磁気記録媒体において、上記非強磁性体領域は、上記強磁性体とハロゲンとの化合物であることを特徴とする。

【0033】上記本発明の第1の磁気記録媒体の特徴によれば、強磁性体からなる記録領域とこの強磁性体のハロゲン化合物からなる非強磁性体領域とでパターンドメディアを提供できる。この非磁性体領域は化学的方法で形成されるので、記録領域がダメージをほとんど受けない。このため、製造条件による磁気特性の劣化が少なく、良好な磁気特性を得ることができる。また、ハロゲン化合物である非磁性体領域と強磁性体からなる記録領域との表面にほとんど凹凸がなく、基板平坦性が良好な磁気記録媒体を提供することができる。

【0034】本発明の第2の磁気記録媒体は、Fe, Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体からなる複数の記録領域と、この記録領域をそれぞれ互いに分離する非強磁性体領域とを有するサーボ層を具備する磁気記録媒体において、上記非強磁性体領域は、上記強磁性体とハロゲンとの化合物であることを特徴とする。

【0035】上記本発明の磁気記録媒体の第2の特徴によれば、磁気記録媒体のサーボ層中に書き込むサーボ情報が、化学的反応により形成できるハロゲン化合物層の有無のパターンによって書き込まれているため、一括して大面積にサーボ情報の書き込みが可能な磁性体パターニング方法を採用することができる。しかも、ハロゲン化合物層の有無でサーボ情報が書き込まれた場合には、ハロゲン化合物層での体積膨張が極めて小さいので、基板表面の平滑性に優れた磁気記録媒体を提供できる。

【0036】本発明の磁気ランダムアクセスメモリは、基板表面に形成された下部電極層と、前記下部電極上

に、Fe, Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む第1強磁性体で形成された第1強磁性体層と、第1強磁性体層上に形成されたトンネル絶縁層と、トンネル絶縁層上に、Fe, Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む第2強磁性体で形成された第2強磁性体層と、第1強磁性体層、トンネル絶縁層および第2強磁性体層の周囲を囲む絶縁層とを有し、上記絶縁層は、第1強磁性体およびハロゲンの化合物層と、第2強磁性体層およびハロゲンの化合物層とを具備することを特徴とする。

【0037】上記本発明の磁気ランダムアクセスメモリによれば、第1強磁性体層、トンネル絶縁層および第2強磁性体層の側面周囲を囲む絶縁層がハロゲン化合物層で形成されているので、エッチングを伴わないハロゲン化反応を用いた磁性体パターニング方法を採用して、素子形成を行うことができる。従って、エッチングに伴うリークがなく、大面積一括工程で集積度の高いMRAMを提供できる。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態について説明する。

【0039】〔第1の実施の形態〕図1(a)は、本実施の形態の磁気記録媒体の構造を示す部分平面図であり、図1(b)は、その斜視図である。

【0040】本発明の第1の実施の形態に係る磁気記録媒体は、いわゆるパターンドメディアであって、図1(a)、図1(b)に示すように、基板10の上層に記録層を有し、この記録層の少なくとも上層に、散在する露出部を持つ、Fe, Co, Niのいずれかを含む強磁性体領域20Aと、この強磁性体領域20Aの少なくとも上層部周囲を囲む、非強磁性体領域40とを有し、実質的な各記録領域は、非強磁性体領域40によって、それぞれ互いに分離されている。なお、ここで、非強磁性体領域とは、少なくとも強磁性体としての磁性を消失した領域であって、非磁性体、反磁性体あるいは常磁性体的性質を示す領域をいう。

【0041】この非強磁性体領域40は、強磁性体領域20Aと同じ成分の層を活性な反応ガスと化学的に反応させて非強磁性化させたものであり、その組成には強磁性体領域20Aと共通する組成、すなわちFe, Co, Niのいずれかを含んでいる。

【0042】このような第1の実施の形態の磁気記録媒体によれば、従来のパターンドメディア作製工程で必要とされたイオンミリング等のエッチング工程が不要であるとともにCMP工程も省略できるため、大幅な工程の簡略化が可能となる。さらに、イオンミリング等の工程に伴うダメージもなくすことができるので、磁気特性の向上を図ることができる。

【0043】以下、より具体的に本実施の形態の磁気記録媒体の構造とその製造方法について説明する。

【0044】図1（a）に示すように、磁気記録媒体の表面において、強磁性体領域20Aは、一定間隔に規則的に配置されており、その周囲に非強磁性体領域40が形成されている。各強磁性体領域20Aが記録単位である1記録ビットを構成する。各強磁性体領域20Aは、それぞれ完全に独立した領域にすることが望ましいが、図1（b）に示すように、少なくとも強磁性体領域20Aの上層部が非強磁性体領域40により周囲を囲まれていればよい。これにより、各記録領域は実質的に分離される。各磁性体領域20Aはそれぞれ磁化方向が一方向に揃った单磁区状態となるように100nm角以下望ましくは80nm以下とする。なお、各強磁性体領域20Aの形状は矩形に限られず、種々の形状にできる。例えば円形や楕円形等としてもよい。

【0045】強磁性体領域20Aへの記録方式は、長手記録方式、垂直記録方式のどちらでもよいが、高記録密度を実現するには垂直記録方式を探ることが望ましい。

【0046】強磁性体領域20Aは、強磁性体材料であるFe、Ni、Coのいずれかの元素を組成に含んでおり、例えばNi-Fe系、或いはFe-Al-Si系の結晶材料、Co-Zr-Nb系のCo基のアモルファス材料、Fe-Ta-N系のFe系微結晶材料、Fe、Co、Fe-Co、Co-Cr、Baフェライト等からなる。このうち、垂直磁気異方性の大きなCoPt、CoCrPt、FeCo、FePd、FePt等の合金系、あるいはCo/Pd、Co/Pt人工格子等の材料で形成することが好ましい。

【0047】また、非強磁性体領域40は、上述する強磁性体領域20Aと同一組成の層をハロゲン化させたものとする。例えばハロゲン化させたものとしてはCoF₂、CoF₃、FeF₂、FeF₃、NiF₂を挙げることができる。これらはすべて反磁性材料であるが、CoF₃とFeF₃を除いては磁気相転移温度(T_N)が低いため室温においては常磁性を示す。

【0048】図2（a）から図2（c）は、本実施の形態に係る磁気記録媒体の製造方法を示す工程図である。

【0049】まず、図2（a）を参照するように、Si基板等の基板10上にスパッタ等の方法により、例えば膜厚約10nm～50nmの強磁性体層20を形成する。この強磁性体層20が形成された基板10上に、レジスト30をスピンドルコータ等によりコーティングする。レジスト30の膜厚は特に限定はない。強磁性体層20の表面をピンホールなく覆うことのできる厚みであればよい。EB描画等を用いてレジスト30を選択的に露光し、現像工程を経て、図1（a）の平面パターンに相当するレジストパターンを形成する。即ち、強磁性体領域として残す部分の表面をレジスト30で被覆し、それ以外の部分を露出させる。その後、レジストのバーニングを終えたものをハロゲンを含む活性な反応ガス中に曝す。

【0050】ハロゲンを含む反応ガスとしては、例えば、CF₄、CHF₃、CH₂F₂、C₂F₆、C₄F₈、SF₆、Cl₂、CCl₂F₂、CF₃I、C₂F₄等のガスを使用できる。

【0051】なお、活性な反応ガスの形態としては活性なラジカルとするのが望ましい。ラジカルの発生方法には種々の方法があるが、例えば、既存のプラズマCVD装置やドライエッチング装置を利用することができる。これらの装置のチャンバー内に反応ガスを導入し、高周波電圧をかけて、プラズマを発生させると、反応ガスに電界加速された電子が衝突し、反応ガスを分離して化学的に極めて活性なラジカルを生成できる。基板温度は常温で良いが、より反応速度を高めるために強磁性体領域の磁性に影響を与えない範囲で加熱してもよい。

【0052】プラズマ発生装置として好適な例としては、例えば誘導結合プラズマ（ICP：Inductive Coupled Plasma）装置が挙げられる。ICP装置には、主にプラズマ発生機能を持つCoil RFと別にプラズマを基板側に誘導する機能を持つPlate RFが備えられており、これらは別々に出力設定が可能である。例えばCoil RFを300W、Plate RFを0Wに設定することで、ラジカル反応に適した高密度プラズマを生成するとともに、媒体表面にダメージを与えないため、スパッタの効果を最小限に抑えることが可能となる。なお、媒体表面のスパッタを防止するためには、反応装置内の圧力を、やや高め、例えば10～30mtorr、より好ましくは約20mtorrにする。また、反応ガスとしてCF₄を使用する場合は、ガス流量を10～50sccm、好ましくは約20sccmとする。

【0053】例えば、図2（a）に示すように、CF₄ガスから生成した活性なFラジカルにレジスト30に被覆されていない強磁性体層20を曝した場合は、露出している強磁性体層20表面はFラジカルにより次第に深さ方向にハロゲン化されていく。

【0054】こうして、図2（b）に示すように、ハロゲン化された領域はハライド層となり、磁性を消失して非強磁性体領域40となる。一方、レジスト30により表面が被覆されている領域は、強磁性体領域20Aとなる。なお、非強磁性体領域40の深さは、強磁性体層20とほぼ同じ深さとすることが好ましいが、必ずしも同じ深さでなく、例えば強磁性体層20の厚みに対し、1/2以上より好ましくは2/3以上の深さとする。

【0055】なお、必ずしもドライプロセスである必要は無く、ウェットプロセスでも同様の結果が得られる。例えばHCl溶液を用いてCoCl₃等にハロゲン化させてもよい。

【0056】最後に、残ったレジスト30を剥離除去すれば、図2（c）および図1（a）、図1（b）に示すパターンドメディアを得ることができる。なお、レジストの剥離除去には、酸素プラズマをもちいたアッシング

を用いることができる。

【0057】上述した第1の実施の形態に係る製造方法によれば、強磁性体層20の記録領域をハロゲン化金属である非強磁性体領域40で囲んだパターンドメディアを得ることができる。例えば、ハロゲン化反応によって生成した非強磁性体領域40である CoF_2 、 NiF_2 の磁気相転移温度(T_n)は、それぞれ38K、73Kと、極めて低い。従って室温では確実に常磁性を示すため、隣接記録ビット間の磁気的相互作用がなく、隣接磁気記録が孤立するため、パターンドメディアに適している。

【0058】これに対し、すでに説明した特開平5-205157号公報や米国特許番号6,169,845に開示されたディスクリートメディアやパターンドメディアの非磁性体領域である、酸化反応によって得られた CoO や NiO の T_n は、それぞれ $T_n = 291\text{K}$ 、548Kである。よって、酸化反応によって生成した酸化金属は室温で反強磁性を示す。反強磁性体に強磁性体が埋め込まれた媒体では、強磁性体層が磁気的に完全に孤立した状態にはならず、隣接記録ビットの磁気記録に悪影響を及ぼす可能性がある。例えば、同一信号を隣接ビットに記録した際、磁化反転により記憶が消滅する可能性が大きい。

【0059】従って、第1の実施の形態に係るハロゲン化反応により得られた非磁性体領域を有するパターンドメディアは、酸化反応により得られた非磁性体領域を有するパターンドメディアに比べて、より良好な磁気特性を得ることができる。

【0060】また、一般的にハライド、特にフッ化物は、 CaF_2 (ホタル石)に代表されるように、イオン結晶性が強いため、配向性が良好な結晶を得やすい。水に難溶であり、化学的に安定である。同じ金属のフッ化物と酸化物を比べた場合、総じてフッ化物の結合解離エネルギー(D)のほうが大きい。例えば MgF_2 のDは511.7kJ/molであり、 MgO のDは336.8kJ/molである。従って、フッ化物は酸化物より高い安定性が期待できる。

【0061】さらに、フッ化物の良好な配向性は、隣接する強磁性体領域20Aの粒子径を揃え、より強磁性体領域の磁気特性を改善する効果も期待できる。

【0062】加えて、酸化物である CoO はc軸の格子定数が4.124の正方晶であるのに対しが、フッ化物 CoF_2 のc軸の格子定数は3.180と小さいため、酸化反応の場合に生じるような体積膨張がほとんどない。従って、ハロゲン化領域の存在による凹凸の発生は少なく、極めて良好な平滑性を示す。

【0063】上述した第1の実施の形態に係る製造方法によれば、強磁性体層20の表面はエッチングされないので、非強磁性体領域40と強磁性体領域20Aの表面高さはほぼ等しく、反応開始時の平滑な表面がほぼ保た

れる。従って、従来のようにイオンミリングを用いてパターンドメディアを作製する場合のように、最終工程でCMPによる表面を平滑化する工程を必要としないので、製造工程を大幅に短縮することができる。

【0064】また、イオンミリングを用いた場合は、強磁性体領域の加工表面、例えばその側壁にイオンミリングによるダメージの影響が残るが、上述する第1の実施の形態の方法によれば、強磁性体領域20Aがこのようなダメージを受けることはない。よって、プロセスに起因する強磁性体領域20Aの特性劣化が生じにくい。

【0065】さらに、上述する酸化反応を使用した従来のパターニング方法では、主に酸化耐性の高いTi等の金属や SiO_2 等の無機膜をマスクとして使用するので、酸化反応の後に、これらのマスクを剥離するためRIE工程が必要であり、この時に媒体表面が一部スパッタによりダメージを受けることがある。これに対し、第1の実施の形態に係る磁性体のパターニング方法では、ハロゲン化反応を使用しているため、一般的なレジストマスクを使用することができ、しかも媒体表面へのダメージが極めて小さい酸素アッシングでレジストを簡便に剥離することができる。

【0066】さらに、上述する第1の実施の形態の製造方法によれば、強磁性体領域20Aの形状がレジスト膜厚に依存しないため、レジスト膜厚を薄くできる。このため、例えば、ジブロックコポリマーの自己組織化現象(相分離現象)を利用したドット状の厚み20nm程度の薄いレジストパターンを利用することもできる。ブロックコポリマーとは、複数のホモポリマーを構成成分とする直鎖ポリマーからなるコポリマーのことであり、特に2種類のポリマーが化学的に結合したものをジブロックコポリマーと呼ぶ。例えば、このようなレジスト材としては、光ディスク基板等に一般的に利用されているポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)からなるジブロックコポリマー等を用いることができる。

【0067】ブロックコポリマーは組成比、分子量を制御することで、様々な構造を容易に形成することが可能であるが、例えば、ポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)を混合した液剤を強磁性体層20上にコーティングすると、PMMAからなる「島」状領域とPSからなる「海」状領域とに相分離した海島構造を得ることができる。これをオゾン中に曝露し、PSを選択的に気化させれば、規則的なPMMAの厚み20nm、直径40nm未満のドットパターンを得ることができる。即ち、パターンドメディアの形成に適した大きさのドットパターンを一括して形成することができる。

【0068】従来のイオンビームミリングを用いる方法では、このような薄いレジストを用いることは困難であるが、化学的な手法を用いる第1の実施の形態の方法で

は、十分にレジストとして使用することができる。このジブロックコポリマーの自己組織化現象を利用してレジストのパターニングを行えば、長時間をするEB描画によるレジストのパターニングが不要になるので、プロセスの簡略化に極めて有効な手段となる。

【0069】このように、第1の実施の形態の磁気記録媒体によれば、パターンドメディア構造自体が有する、優れた熱搖らぎ耐性と隣接ビットからのクロストーク、バーシャルレイズの遮断効果に加えて、製造工程中に受けるダメージの減少による磁気特性の向上、プロセスの短縮化を図ることができる。

【0070】以下、第1の実施の形態に係るパターンドメディアの効果を確認するために発明者等が行った実施例について説明する。

【0071】(実施例1) まず、スパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜し、この試料表面のMFM(磁気力顕微鏡)像を観測した。典型的な強磁性体の磁気パターンであるコントラストの良い唐草模様を持つ垂直磁気記録媒体の像が観察された。VSM(振動試料型磁力計)で垂直方向のヒステリシスカーブを測定したところ、図3(a)に示すような、角形比0.49、保磁力1500Oeのカーブが得られた。

【0072】この後、試料表面の組成をXPS(X線光電子分光法)を用いて解析した。Binding energy = 778eVにCo特有のピークが観測された。また同時にCoOのピーク(781eV)も確認されたが、これは大気中の酸素による自然酸化によるものである。また、70~75eVにPt特有の2本のピークも観測された。

【0073】次に、同様にスパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した試料を密封チャンバーに入れ、チャンバー内でプラズマを発生させ、ここにCF4ガスを導入し、Fラジカルを生成させた。こうして、試料表面をFラジカルに約30秒曝露した。なお、この時の試料温度は室温とした。

【0074】この後、試料表面の組成をXPS(X線光電子分光法)を用いて解析したところ、778eV(Co)、781eV(CoO)の両ピークが消失し、新たに783eVのピーク(フッ化コバルト)が観測された。なお、Ptピークにピークシフトは観測されなかった。これはFラジカルに曝露することで、確実に表面がフッ化コバルトに変質したことを示している。

【0075】さらに、試料表面の組成をAES(走査型オージェ電子分光装置)を用いて解析したところ、CoPtはフッ化コバルトに変化していることが確認できた。スパッタしながらフッ化コバルトのピークの経時変化を観測することで、フッ化コバルトが媒体表面から深さ10nm程度まで存在していることがわかった。さらにFラジカル曝露時間を長くすれば(10分)、CoPtの膜厚である20nm全てをハライド化できることも確認できた。

【0076】また、試料表面のMFM像を観測したところ、磁化が消失した際にみられる典型的MFM像が観測された。

【0077】この試料をVSMで観測すると、図3(b)に示すような典型的な常磁性体のデータを得た。CoF₂は本来反磁性体であるが、ネール温度が非常に低いため室温では常磁性体的な振る舞いをするためである。

【0078】この結果より、強磁性体層であるCoPt膜はFラジカルに曝露することにより、短時間にハライド化され、磁気を消失することが確認できた。

【0079】(実施例2) 反磁性体であるCoF₂で、強磁性体であるCoPtを取り囲んだパターンドメディアの試料を製作した。即ち、まずスパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した後、このCoPt膜上にスピンドルコートにより、厚み約1.0μmのレジストを塗布し、一括露光、現像の工程を経て図4(a)に示すようなレジストパターンを形成した。なお、ここでは、表面層での各強磁性体領域のサイズを2.0μm角とした。

【0080】この試料表面を室温のまま、実施例1と同様な条件で発生させたFラジカル中に約30秒曝露した。この後、レジストを酸素アッシャーを用いて除去した。

【0081】この試料のMFM像を観測したところ、図4(b)に示すようなレジストパターンに相当する磁性パターンを得ることができた。即ち、レジスト膜で被覆していた領域については、典型的な垂直磁気異方性をもつ強磁性体のMFM像が観測され、CoPt面が露出していた領域では磁化が消失した際にみられる典型的MFM像が観測された。

【0082】また、CoPt面が露出していた領域をXPSを用いて解析したところ、CoPtがハライドに変化していることが確認できた。なお、ここではXPSを用いて組成の同定を行っているが、AES、SIMS(二次イオン質量分析装置)等の表面分析装置を用いて確認することもできる。

【0083】こうして、得られた試料は、表面に凹凸は無く、一様に連続薄膜であるが、磁気的には図1(a)或いは図1(b)に示すように、少なくとも表面層に孤立した強磁性体領域20Aが非強磁性体領域40中に規則的に配列したパターンドメディアであることが確認できた。

【0084】(実施例3) 上述した実施例2より微細な強磁性体領域パターンを形成するため、レジストの露光に際して、EB(電子ビーム)描画を行った。こうして、約80nm角の微細な強磁性体領域パターンを形成した。これ以外の条件については、上述した実施例2の条件と同じ条件を用いて試料を作製した。即ち、スパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した

後、この上にネガレジストをコーティングし、EB描画により微細なレジストパターンを形成し、室温で、Fラジカル中に約30秒曝露した。この後、レジストを除去した。

【0085】得られた試料をMFMで観測したところ、強磁性体領域において、単色像が得られた。即ち、強磁性体領域を80nm角サイズ程度に小さくすると、この領域に单磁区状態が形成されることが確認できた。VSMで垂直方向の磁気特性を観測したところ、角形比1.00、保磁力45000eが得られた。この値は、実施例1において、Fラジカルに曝露しなかったスパッタ後のCoPt膜のVSMカーブに比較し、角形比で2倍、保磁力で3倍であり、磁気特性の向上が見られた。また、この磁気特性は、後述する比較例1で、従来方法によって作製した同サイズのパターンドメディアと比較しても、より良好な特性が得られていることが確認できた。

【0086】(実施例4)スパッタ法によりSi基板上にCoPtを30nm成膜した。その後、酸素雰囲気下で1日放置し、CoPt表面を酸化させた。XPSで表面を観測したところ、CoOのピーク(781eV)が確認された。

【0087】その後、このCoPt膜上にスピンドルコートにより、厚み約1.0μmのレジストを塗布し、一括露光、現像の工程を経て図4(a)に示すような、複数の2.0μm角の矩形レジストパターンを形成した。

【0088】この試料表面を室温のまま、実施例1と同様な条件で発生させたFラジカル中に約30秒曝露した。この後、レジストを酸素アッシャーを用いて除去した。

【0089】この試料のMFM像を観測したところ、図4(b)に示すようなレジストパターンに相当する磁性パターンを得ることができた。即ち、レジスト膜で被覆していた領域については、典型的な垂直磁気異方性をもつ強磁性体のMFM像が観測され、CoPt面が露出していた領域では磁化が消失した際にみられる典型的MFM像が観測された。同時に測定された凹凸像(AFM凹凸像と同様のもの)ではほとんど凹凸が観測されなかった。

【0090】また、CoPt面が露出していた領域をXPSを用いて解析したところ、CoPtがハライドに変化していることが確認できた。

【0091】この結果、あらかじめ反応表面が自然酸化している場合にも、その後のフッ素ラジカルの置換反応によって、ハライド層を得ることができることがわかった。また、この方法により、媒体表面に凹凸のほとんどないパターンドメディアの形成が可能であることがわかった。

【0092】(比較例1) 比較例として、従来の一般的なパターンドメディアの製法に従い、試料を作製した。

即ち、スパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した後、その表面にネガレジストをコーティングし、EB描画により、実施例3と同様に80nm角の強磁性体領域に相当するパターンを形成した。この後、Arイオンビームミリングで試料表面を均一にエッチングした。レジストで被覆されていない領域のCoPtを約20nm程度エッチングしたところで、残りのレジストをO₂アッシングで除去した。この後、スパッタでSiO₂を20nm形成し、イオンミリングにより形成されたCoPtの溝部を埋めるように表面を被覆した。さらに、CMP処理を行い、表面を研磨した。こうしてそれぞれ独立に約80nm角の強磁性体領域であるCoPtをSiO₂で取り囲んだパターンドメディアを得た。即ち、作製された試料は、実施例3で作製した試料のハライド部がSiO₂になったものに相当する。

【0093】MFMで、CoPt部分を観測したところ、強磁性体領域のサイズを2μm角とした実施例2の磁気像とほぼ同じものであった。VSMで垂直方向の磁気特性を観測したところ、角形比は0.70、保磁力20000eが得られた。この値は、実施例1で、Fラジカル曝露を行わなかった、スパッタ直後のCoPtの連続膜の磁気特性と較べると向上してはいるものの、実施例3の同サイズの強磁性体領域を有するパターンドメディアと比較してその磁性特性は劣っていた。

【0094】(結果) 実施例3と比較例との対比より、実施例3のパターンドメディアは、その製造工程が簡易なばかりでなく、比較例のパターンドメディアに比較すると強磁性体領域の磁気特性を向上できることが確認できた。

【0095】比較例の試料では、イオンビームミリングを用いて加工しているため、強磁性体領域の加工表面が少なからずダメージを受けている可能性があるのに対し、実施例3の試料では、物理的なダメージを伴わない化学的な方法を用いているため、強磁性体表面にダメージがないのが、その理由の一つと考えられる。

【0096】また、実施例3のパターンドメディアでは、CoPtをハライド化して非強磁性体領域を形成しているが、ハライドはイオン性結晶であり、比較例のパターンドメディアの非磁性体領域を形成するSiO₂のようなアモルファス(非晶質)ではない。従って、このイオン性結晶の良好な配向性が、隣接する強磁性体領域のCoPtの粒径を揃え、より磁気特性を向上させる要因となっていると考えられる。

【0097】また、実施例4の結果より、非磁性体領域の形成に、ハロゲン化反応を使用すると、HDD媒体に求められる平滑性、即ち0.8nm以下の凹凸範囲を十分充たすことが確認できた。

【0098】〔第2の実施の形態〕図5は、第2の実施の形態に係るパターンドメディアの構造を示す断面図である。

【0099】第2の実施の形態に係るパターンドメディアも、非強磁性体領域の形成方法は、第1の実施の形態に説明した方法と同様な化学的方法を用いる。第1の実施の形態と異なる点は、Si基板上に单層の強磁性体薄膜を形成する代わりに、人工格子膜を形成する点である。人工格子膜とは、強磁性体層と金属層等の複数の層を交互に規則的に積層したものであり、例えばCoとPtあるいはCoとPdを交互に積層したものが知られている。このような人工格子膜を用いれば、高い保磁力を得ることができる。これ以外の構成および製造方法は第1の実施の形態の方法と共通する。

【0100】第2の実施の形態に係るパターンドメディアを形成するためには、まず、図5に示すように、基板10上にスパッタ等の方法により、Co膜とPt膜を交互に積層した人工格子膜を形成する。例えばCo層の膜厚は、0.2nm～1.0nm、好ましくは0.5nmとする。また、Pt層の膜厚は、0.5nm～2.0nm、好ましくは1.0～2.0nmとする。また各層の層数は10層程度、Pt層数がCo層数より一層多くする。

【0101】この後の工程は基本的に第1の実施の形態の場合と同様であり、人工格子膜21上にレジストを形成し、EB描画等を用いてレジストを選択的に露光し、現像工程を経て、強磁性体領域として残る部分に相当するレジストパターンを形成する。続いて、活性な反応ガスあるいは反応液にレジストパターンを形成した人工格子膜21表面を曝す。

【0102】例えば、Fラジカルにレジストパターンを形成した人工格子膜21表面を曝すと、Fラジカルは、露出している人工格子膜21表面をハロゲン化し、ハライド領域25を形成する。

【0103】人工格子は規則的に積層された構造、特にその界面が重要である。従って積層構造のうちの1層であっても物理的損傷や化学的組成変化が加われば、上下の積層部分についての磁性が失われるので、図5に示すように、ハライド領域25は人工格子膜21のごく表面層の膜のみでよい。

【0104】後は、残ったレジストを除去すれば、図1(a)と同様に、人工格子膜からなる強磁性体領域20Aとこの領域を囲む非強磁性体領域40を有するパターンドメディアを得ることができる。

【0105】上述するように、イオンビームミリングを用いた従来の方法では、強磁性体領域の加工表面にダメージが加わるため、わずかなダメージが磁性特性に影響する人工格子を用いたパターンドメディアを形成することは困難であるが、第2の実施の形態に係る方法を用いれば、人工格子膜を用いたパターンドメディアの作製が容易になる。

【0106】なお、この場合も、第1の実施の形態に説明したように、薄いレジスト膜を使用することができる

ため、EB描画を用いたレジストのパターニングに代えて、ジブロックコポリマーの自己組織化現象を利用したレジストパターニング法を利用することができる。

【0107】以下、第2の実施の形態に係る人工格子膜を使用したパターンドメディアの効果を確認するために発明者等が行った実施例について説明する。

【0108】(実施例5) まず、Si基板上にスパッタ法を用いて膜厚4.4nmのCo膜と膜厚9.5nmのPt膜を交互に10層積層し、人工格子膜を形成した。この状態で、MFMを観測したところ、垂直磁気異方性のある強磁性体特有の磁気パターンが観測された。また、VSMで垂直方向の磁気特性を観測したところ、角形比0.8、保磁力20000eが得られた。

【0109】続いて、人工格子膜上に膜厚1.0μmのレジストをコーティングし、EB描画により約80nm角の微細な強磁性体領域パターンを形成し、実施例1と同様な条件で室温で約30秒程度、Fラジカルに曝し、露出部分表面をハロゲン化した。この後、残ったレジストを除去した。

【0110】こうして得られた試料のMFM像を観測したところ、強磁性体領域と非強磁性体領域の存在が高いコントラスト比で確認できた。このコントラスト比は実施例3で得られたものより高いものであった。また、強磁性体領域については、単色像が形成され、単磁区化がなされていることも確認された。この部分をVSMで垂直方向の磁気特性を観測したところ、角形比1.00、保磁力50000eが得られた。

【0111】このように人工格子膜を用いてパターンドメディアを形成すると、Co/Ptの单層膜を使用した場合より、さらに高いS/Nが得られることが確認できた。

【0112】(実施例6) 実施例5と同様な条件で、基板上に人工格子膜を形成した後、ポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)を混合した液剤を人工格子膜上にコーティングし、PMMAからなる「島」状領域とPSからなる「海」状領域とに相分離した海島構造形成した。これをオゾン中に暴露し、PSを選択的に気化し、厚み約20nm、直径約40nm程度のPMMAのドットパターンを形成した。

【0113】続いて、この試料を室温で約30秒程度、Fラジカルに曝し、露出部分表面をハロゲン化した。この後、残ったPMMAを除去した。

【0114】得られた試料のMFM像を観測すると、PMMAで被覆されていた領域が、単磁区の強磁性体領域を形成しており、それ以外の領域は非強磁性体領域となっていることが確認できた。

【0115】このように、本実施の形態に係る方法によれば、凹凸段差が20nmしかないジブロックコポリマーの自己組織化による相分離現象を用いたレジストパターンを用いて微細な強磁性体領域を持つパターンドメ

ィアを作製できることができた。

【0116】このことは、長時間を要するEB描画に代えて、ジブロックコポリマーの相分離を用いたレジストのパターニング方法を利用することで、レジストのパターニング工程を大幅に短縮化できることを意味する。

【0117】〔第3の実施の形態〕第3の実施の形態は、磁気記録媒体上のサーボ領域へのサーボ情報の書き込み方法に関する。第1の実施の形態で説明したハロゲン化反応を用いた磁性体のパターニング方法は、パターンドメディアを形成する場合のみならず、サーボ領域へのサーボ情報の書き込みを一括して行う方法として利用することもできる。

【0118】即ち、第3の実施の形態に係る磁気記録媒体では、強磁性体層が形成された記録層の表面にレジストをコーティングし、サーボ領域となる部分に、サーボ信号パターンに相当する開口パターンを形成する。サーボ信号パターンは一般に使用されているものでよく、例えば、図6(a)に示すような楔型パターン65を複数並べたものや、或いは図6(b)に示すような左右交互にパターン66を形成したものを上下に半ピッチずらして二列並べたもの等を形成する。

【0119】レジストパターン形成後、第1の実施の形態と同様な条件で磁気記録媒体を活性な反応ガス中、例えばFラジカルに曝露し、レジストパターンの開口部分の強磁性体層をハライド化し、非強磁性体領域に変化させる。レジストを除去すれば、磁気記録媒体上のサーボ領域には、レジストパターンに相当する磁気パターンが形成できる。

【0120】なお、サーボ領域に形成する磁気パターンは、磁気情報として確認できるものであればよいので、パターンの内側もしくは外側のどちらを強磁性体領域にし、どちらを非強磁性体領域にするかは問わない。

【0121】この方法を用いてサーボ情報の書き込みを行えば、各領域への書き込みを一括工程で行うことができるので、サーボ情報の書き込みに要する時間を大幅に短縮することができる。

【0122】さらに、上記第3の実施の形態に係るサーボ情報の書き込み方法は、磁気ヘッドがディスク上のどの位置にいても常にサーボ信号が取り出せる連続サーボ方式の磁気記録媒体のサーボ情報書き込み方法にも応用することができる。連続サーボ方式の磁気記録媒体としては、例えば、特開P2000-19200号公報に、記録トラックの両隣に位置するサーボパターンを磁気記録媒体全面に形成した磁気記録媒体が開示されている。同公報には、フォトリソグラフィ技術と薄膜形成技術を用いてプリフォーマットされていると記されているのみで、具体的なサーボパターンの形成方法には触れられていないが、第1の実施の形態に係るパターンドメディアの形成方法と同様な方法で、この連続サーボ方式に使用するサーボパターンを形成することができる。

【0123】図7は、連続サーボ方式の媒体に形成するサーボパターンの一例を示す。同図に示すように、サーボパターン81は、記録領域が形成される各記録トラック82の両側に周期的に、半周期ずらして配置する。なお、サーボパターン81の形状は、図示したドットに限られるわけではなく矩形や長軸パターンであってもよい。

【0124】なお、記録トラック82の両側に規則的に配置されるドットパターン81は、すでに説明したジブロックコポリマーの自己組織化現象(相分離現象)を利用して形成した規則的なドット状レジストパターンを用いてパターニングすることも可能である。この場合は、極めて微細なパターンを電子ビーム描画等を使用せずに、記録媒体全面に一括して形成できるので、大幅な工程の簡略化を図ることができ、連続サーボ方式の磁気記録媒体の形成が容易になる。

【0125】なお、第3の実施の形態に係る記録媒体の記録層の記録方式や構造については特に限定はなく、通常の長手記録方式の記録層であってもよいし、垂直記録方式の記録層であってもよい。また、单層の連続膜でも、人工格子膜でもよく、あるいは第1、第2の実施の形態に説明したようなパターンドメディアでもよい。パターンドメディアを形成する場合は、サーボ情報の書き込みをパターンドメディアの形成と同時にを行うことができる。

【0126】以下、発明者等が行った第3の実施の形態に係る実施例について説明する。

【0127】(実施例7) 図6(a)で示す楔型の開口パターン65に相当するレジストパターンを形成した以外は、実施例2と同様の条件で試料を作製した。即ち、スパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した後、このCoPt膜上にスピンドルコートにより、厚み約1.0μmのレジストを塗布し、一括露光、現像の工程を経て図6(a)に示す楔型の開口パターン65を形成した。続けて、試料表面を室温のまま、Fラジカル中に約30秒曝露した。この後、レジストを酸素アッシャーを用いて除去した。

【0128】XPSにより、Fラジカルに曝したレジストの開口部分のCoPtのみが反強磁性体(CoF₂)に化学変化したことが確認できた。また、MFMで観測したところ、レジストパターンに相当する楔形パターンの磁気像が得られた。

【0129】この結果より、第3の実施の形態に係る磁性体のパターニング方法を用いることで、大面積に一括して、サーボ情報、即ちトラッキングサーボ情報の書き込みを行うことができることが確認できた。

【0130】(実施例8) 図7で示すサーボパターン81を長方形形状に変えたものを作製した。サーボパターンに対応する開口パターンをレジストで形成した以外は、実施例2と同様の条件で試料を作製した。スパッタ

法により Si 基板上に CoPt を 20 nm 成膜した後、この CoPt 膜上にスピンドルコートにより、厚み約 1.0 μm のレジストを塗布し、一括露光、現像の工程を経て長方形の開口パターンを形成した。続けて、試料表面を室温のまま、F ラジカル中に約 30 秒曝露した。この後、レジストを酸素アッシャーを用いて除去した。

【0131】XPS により、F ラジカルに曝したレジストの開口部分の CoPt のみが CoF₂ に化学変化したことが確認できた。また、MFM で観測したところ、レジストパターンに相当する長方形パターンの磁気像が得られた。

【0132】この結果より、第3の実施の形態に係る磁性体のバーニング方法を用いることで、大面積に一括して、サーボ情報、即ちトラッキングサーボ情報を記録することができることが確認できた。

【0133】〔第4の実施の形態〕第4の実施の形態は、深層サーボ方式の磁気記録媒体の構造とその製造方法に関する。

【0134】図8に、第4の実施の形態に係る深層サーボ方式の磁気記録媒体構造を示す。

【0135】基板 15 上に、強磁性体層 64 が形成され、その表面層にサーボ情報パターンを持つ非強磁性体領域 62 が形成されている。この強磁性体層 64 および非強磁性体領域 62 によりサーボ層 60 が構成されている。サーボ層 60 上には、非磁性体層 70 を介して記録層である強磁性体層 25 が形成されている。

【0136】図9 (a) ~ 図9 (e) は、第4の実施の形態に係る磁気記録媒体の製造方法を示す工程図である。

【0137】サーボ層の形成方法は、基本的に第1の実施の形態のバーナードメディアの作製方法と同じ化学的方法を用いる。即ち、まず、図9 (a) に示すように、スパッタ法等を用いて基板 15 上に強磁性体層 64 を形成する。この強磁性体層 64 は、第1の実施の形態の強磁性体層 20 と同様に、Co、Ni、Fe を含む種々の強磁性体材料を使用できる。また、第2の実施の形態で説明したような人工格子膜を形成してもよい。

【0138】次に、強磁性体層 64 上にレジスト膜をコーティングし、一括露光、現像工程を経て、強磁性体層 64 上にサーボ情報に相当するレジストパターン 32 を基板全面に形成する。レジストパターン 32 は特に限定されないが、例えば図6 (a) 又は図6 (b) に示すような一般的なサーボ情報パターンを用いてもよい。この後、第1の実施の形態の場合と同様な条件で、基板表面を活性な反応ガスや反応液、例えば F ラジカルに曝露する。

【0139】図9 (b) に示すように、F ラジカルに曝露された領域の強磁性体層 64 は磁性を失い非強磁性体領域 62 に変化する。なお、非磁性体領域 62 は、サーボ情報としての磁気パターンを形成できれば良いので、

非磁性体領域 62 はそれほど深くなくて良い。

【0140】図9 (c) に示すように、残ったレジストを除去した後、図9 (d) に示すように、基板表面上に CVD 法等を用いて非磁性層 70 を形成する。この非磁性層 70 は、SiO₂、Al₂O₃、TiO₂ 等の酸化物や Si₃N₄、AlN、TiN、BN 等の窒化物の他、TiC 等の炭化物を用いてもよい。

【0141】さらに、図9 (e) に示すように、非磁性層 70 上に強磁性体層 25 を形成する。なお、この強磁性体層 25 の材料や構造には、特に限定はない。单層の連続膜を用いてもよいし、第1の実施の形態に説明するようなバーナードメディアを形成してもよい。あるいは第2の実施の形態に説明したような人工格子膜を形成してもよい。また、通常の長手記録方式の記録層としてもよいし、垂直記録方式の記録層としてもよい。こうして、深層サーボ方式の磁気記録媒体が得られる。

【0142】深層サーボ方式の磁気記録媒体では、サーボ情報が記録層 25 と独立したサーボ層 60 に書き込まれるので、サーボ層 60 全面にサーボ情報の書き込みを行うことができるため、位置決め制度を高精度に行うことができるが、その一方で、書き込むサーボ情報の量が大幅に増える。しかし、上述する第4の実施の形態の製造方法を使用すれば、一括してサーボ情報の書き込むが可能であるため、大幅な工程短縮を図ることができる。

【0143】以下、発明者等が行った第4の実施の形態に係る実施例について説明する。

【0144】(実施例9) 実施例7と同様な方法用いて深層サーボ領域を形成した。即ち、基板上にスパッタ法を用いて CoPt を約 20 nm 形成した。この上に約 1 μm 厚のレジスト膜をコーティングし、一括露光、現像工程を経て、レジスト膜に図6 (a) に示す楔型のサーボパターンに相当する開口パターンを形成した。続けて、試料表面を室温のまま、F ラジカル中に約 30 秒曝露した。この後、レジストを酸素アッシャーを用いて除去した。

【0145】次に、サーボ層上にスパッタ法によって SiO₂ を 500 nm 成膜し、さらにスパッタ法で記録層となる CoPt を 50 nm 成膜した。こうして、深層サーボ構造を有する磁気記録媒体が得られた。

【0146】〔第5の実施の形態〕第5の実施の形態は、上述した第1~第4の実施の形態に係る磁気記録媒体を備えた磁気記録装置 (HDD) に関する。

【0147】図10は、第5の実施の形態に係る HDD の構造の一例を示す斜視図である。同図に示すように、磁気記録媒体 100 は、スピンドル 101 に装着されており、図示しないモーターで回転する。固定軸 103 に取り付けられたアクチュエータアーム 102 はその先にサスペンション 104 を備えており、このサスペンション 104 の先端にヘッドスライダー 105 を有している。

【0148】アクチュエーターム102の基端にはリニアモータの1種であるボイスコイルモータ106が設けられており、このボイスコイルモータ106はアクチュエーターム102のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルとこのコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路を備えている。

【0149】ヘッドスライダー105の先端には、図示しない記録/再生ヘッドが形成されており、ディスクの回転によりヘッドスライダー105が磁気記録媒体100との間に一定距離を保って浮上し、記録/再生ヘッドが磁気記録媒体100に対して相対的に移動する。記録の際には、記録ヘッドから発せられる磁界により磁気記録媒体100に情報が記録される。また、情報の再生に際しては、再生ヘッドが磁気記録媒体上を走査することで磁気記録媒体上の各ビットからの漏れ磁界により情報が再生される。

【0150】図11は、本実施の形態のもう一つのHDDの構造を示す斜視図である。上述した図10に示すHDDは、磁気記録媒体が回転し、浮上型磁気ヘッドで記録/再生を行うものであるが、磁気記録媒体の記録密度の高密度化が進むと、記録媒体の回転に伴う軸ぶれの影響が無視できなくなる。これに対し、図11に示すHDDは、回転駆動を用いないため、軸ぶれの問題が生じない。

【0151】磁気記録媒体202はXYZ方向への駆動が可能なステージ203上に載置されるとともに、磁気ヘッドを複数設けたヘッド部201を磁気記録媒体に対向配置させている。ヘッド部201は固定されており、ピエゾ素子を用いたステージ203の駆動により磁気記録媒体202がヘッド部201に対し相対的に移動する。回転駆動を行わないため、磁気記録媒体の形状も円盤である必要はなく、同図に示すように矩形状のもの等を用いることができる。

【0152】ヘッド部201にはマルチアレイ状に複数のヘッドが備えられており、同時に複数の情報を記録/再生することで高速かつ大容量のデータ記録/再生が可能になる。尚、ヘッドの数には特に限定はない。

【0153】磁気記録媒体への情報の記録方法は特に限定されず、ヘッドからの漏れ磁界で書き込む方法、あるいは針状のプローブによる電荷注入により流れた電流によって形成した磁界による書き込み方法等いずれを用いてもよい。

【0154】磁気記録媒体の情報の再生方法についても特に限定されない。磁気記録媒体の漏れ磁界を検出する方法でも、記録媒体のトンネル電流のスピンを検出する方法等でもよい。

【0155】上述するHDDは、第1または第2の実施の形態に係るパターンドメディアを備える場合は、SN比が高く、大容量の、しかも製造コストが安価な装置を

提供できる。また、第3および4の実施の形態に係る磁気記録媒体を備える場合は、サーボ情報の書き込みに伴う時間の短縮により製造コストを安価にできるとともに、特に第4の実施の形態の深層サーボ方式の磁気記録媒体を用いる場合は、記憶容量の大容量化と高精度な位置決め制御を提供できる。

【0156】〔第6の実施の形態〕第6の実施の形態は、磁気記録媒体以外の磁性体のパターニング、特にMRAM (Magnetic Random Access Memory) のパターニングについて説明する。

【0157】上述した第1～第4の実施の形態に係る磁性体のパターニング方法は、磁気記録媒体以外の磁性体のパターニングを必要とする種々の磁性体製品、例えばMRAM、モーター、磁気センサー、磁気スイッチ等の加工に使用することができる。従来、これらの磁性体製品の製造方法では、いずれも硬い磁性体層の加工にイオンミリング等の物理的なエッティングが主に使用されており、これをハロゲン化反応を用いて不用な磁性体領域を非磁性体化する方法を使用すれば、物理的ダメージによる磁性体層の特性悪化を防止できる。

【0158】特に、集積化と量産化が求められるMRAMの製造方法には、第1～第4の実施の形態に係る磁性体のパターニング方法を適用するメリットは大きい。MRAMは、磁気トンネル接合の技術をランダムアクセスメモリに応用したものであり、二つの強磁性体層とその間に挟まれた薄い絶縁層からなる磁気トンネル接合素子構造を有する。従来のDRAMに対し、不揮発性メモリとして使用できることやアクセス速度が速いことなどのメリットを備えている。大型のメモリ容量を確保するため、高集積化が必要であり、その製造工程には、微細加工とプロセスの簡略化が求められている。

【0159】図12(a)～図12(c)に、第6の実施の形態に係るMRAMのパターニング工程を示す。なお、ここには、単一のメモリ素子のみを図示しているが、実際の製品では、同様なメモリ素子が同一基板上にマトリクスに配置される。

【0160】まず、図12(a)に示すように、例えば熱酸化膜が形成されたSi基板310上に、バッファ層320、下層強磁性体層330、トンネル酸化層340、上層強磁性体層350を順次積層形成し、さらにこの積層表面にレジスト360パターンを形成する。なお、Si基板310と下層強磁性体層320の間には、複数のバッファ層と、電極層を形成してもよい。また、下層強磁性体層330、および上層強磁性体層350としては、第1の実施の形態で説明するように、Fe、Ni、Coのいずれかの元素を組成に含む種々の強磁性体材料を使用することができる。

【0161】表面層を、第1の実施の形態と同様な条件でフッ素ラジカル等のハロゲンガスを含む活性な反応ガス中に曝す。この後、残留レジストは、酸素アッシング

により除去する。図12(b)に示すように、レジスト360のマスクで被覆されていない領域は、上層強磁性体層350から下層強磁性体層330にかけてハロゲン化し、非強磁性の絶縁層であるハロゲン化物370にかわる。

【0162】さらに、この後、通常の半導体プロセスを使用して、上部電極層370のパターンを記録領域層上に形成すれば、図12(c)に示すMRAM構造が得られる。

【0163】上述する第6の実施の形態に係るパターニング方法を使用すれば、エッチング工程を伴わずに化学的な方法で上層強磁性体層350、トンネル酸化層340および下層電極層330の各メモリ素子領域の分離を行うことができる。

【0164】従来のイオンミリング法を用いた物理的エッチングで加工を行った場合は、Arイオンの入射角度により、ミリングによる再付着物の影響で、接合を形成する上層強磁性体層350、トンネル酸化層340および下層電極層330の側壁で短絡が発生することが多いが、上述する第6の実施の形態に係る磁性体のパターニング方法を使用すれば、物理的エッチングに伴うダメージがないだけでなく、エッチング後の残渣による上下の強磁性体層330、350での短絡等の発生も防ぐことができる。

【0165】また、ハロゲン化反応を使用するため、酸素アッキング可能なレジストを使用することができる。さらに、レジストとして、ジブロックコポリマー等の自己組織化レジストを使用すれば、大面积に一括して、微細パターンを形成できるので、より容易に高集積化を図ることができる。

【0166】なお、再生用磁気ヘッド等に応用できる磁気トンネル接合も、同様な磁性体のパターニング方法を用いて作製することができる。

【0167】以下、発明者等が行った第6の実施の形態に係る実施例について説明する。

【0168】(実施例10) 再び、図12(a)～図12(c)を参照して、実施例10に係る磁性体のパターニングについて説明する。

【0169】まず、スパッタ法で熱酸化膜付きのSi基板310上に、バッファ層320として膜厚約20nmのNiFe膜を形成した。続けてバッファ層320上に下層強磁性体層330である厚み約4nmのCo膜、トンネル酸化層である厚み約1nmのAl₂O₃、及び上層強磁性体層350である厚み約10nmのCo膜を順次積層した。その後、上層強磁性体層350表面上にスピンドルコートにより厚み約1μmのレジストを塗布し、一括露光、現像の工程を経て5.0×5.0μmの正方形のレジストマスクパターンを形成した。

【0170】ICP装置を用いて、発生させたFラジカル中に基板を約3分間曝した。レジストマスクで覆われ

ていなかった露出領域をAESを用いて解析したところ、CoF₂の存在が確認できた。スパッタしながらCoF₂のピークの経時変化を測定した結果、表面より15nmの深さまでCoF₂の存在が確認できた。即ち、接合部(Co4nm/Al₂O₃1nm/Co10nm)の全てをハライド化したことが確認できた。

【0171】続けて、O₂アッキングでレジストを除去し、その後、上部電極層8として膜厚約300nmのCu膜を形成した。なお、パターニングには、メタルマスクを使用した。

【0172】接合側面で短絡がないかどうかを調べるために、加工前、加工後の抵抗値を測定した。それぞれの抵抗値を接合部面積で規格化した値をR₀、R₁とした時、R₁/R₀=1であった。この結果より、短絡がなかったことが確認できた。また、作製した試料はR=1.7×10⁶Ω、MR=10%であった。

【0173】このようにして作製されたMRAMは、通常のイオンミリングによって加工されたMRAMとほぼ等しい抵抗値、MR比を示し、第6の実施の形態に係る磁性体のパターニング方法がMRAM作製方法としても有効であることが示された。

【0174】以上、各実施の形態に沿って本発明の磁気記録媒体およびその製造方法等について説明したが、本発明はこれらの実施の形態の記載に限定されるものではない。種々の改良や置換が可能なことは当業者には明らかである。

【0175】

【発明の効果】上述するように、本発明の磁性体のパターニング方法によれば、ハロゲン化反応を使用しているので、物理的なダメージがなく、良好な磁気特性をもつ磁性体加工品を簡易なプロセスで作製することができる。

【0176】本発明の第1の磁気記録媒体によれば、熱搖らぎ耐性にすぐれ、隣接する記録ビットの影響を受けない良好な磁気特性を有するパターンドメディアを従来に較べ大幅に短縮した製造工程で実現できる。

【0177】本発明の第2の磁気記録媒体によれば、サーボ領域へのサーボ情報の書き込みを、一括工程で行うことができるので、サーボ情報の書き込みに要する時間を大幅に短縮することができる。

【0178】本発明の磁気ランダムアクセスメモリによれば、信頼性の高いメモリ素子を高い生産性で作製できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るパターンドメディアを示す図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係るパターンドメディアの製造方法を示す工程図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態の実施例1に係る強磁性体層および非強磁性体層のVSMデータである。

【図4】本発明の第1の実施の形態の実施例2に係るレジストマスクのパターンを示す図および実際煮えられたパターンとメディアのMFMデータの写真である。

【図5】本発明の第2の実施の形態に係る人工格子膜を用いたパターンとメディアの構造を示す断面図である。

【図6】サーボ情報のパターン例を示す平面図である。

【図7】連続サーボ方式の磁気記録媒体表面のパターン例を示す平面図である。

【図8】本発明の第4の実施の形態に係る深層サーボ構造を有する磁気記録媒体の構造を示す断面図である。

【図9】本発明の第4の実施の形態に係る深層サーボ構造を有する磁気記録媒体の製造方法を示す工程図である。

【図10】本発明の第5の実施の形態に係るハードディスクドライブの構造を示す装置の斜視図である。

【図11】本発明の第5の実施の形態に係る別のハードディスクドライブの構造を示す装置の斜視図である。

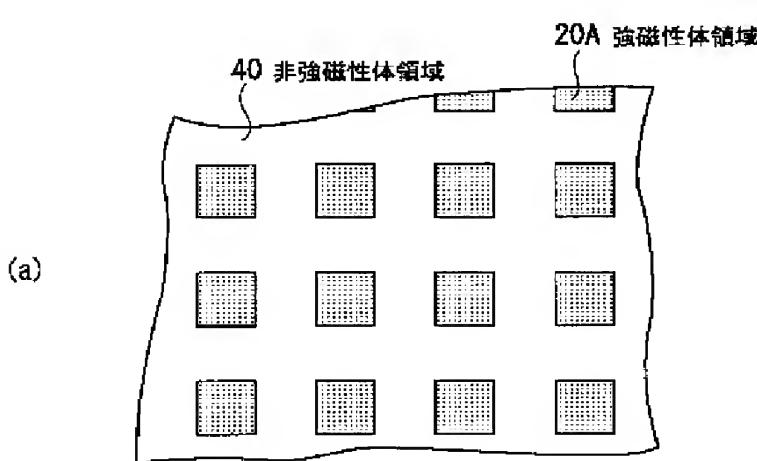
【図12】本発明の第6の実施の形態に係るMRAMの製造方法を示す工程図である。

【図13】従来のパターンとメディアの作製方法を示す工程図である。

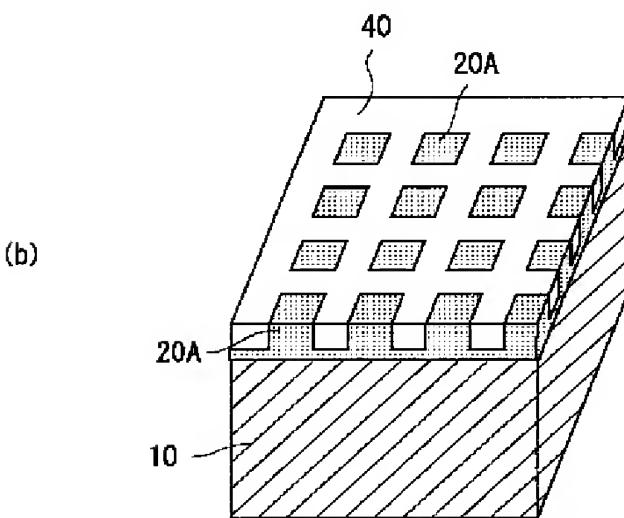
【符号の説明】

- 10、15 基板
- 20 強磁性体層
- 25 磁性体層
- 21 人工格子膜
- 30、32 レジスト
- 40 非強磁性体領域
- 60 深層サーボ領域
- 65 サーボパターン
- 70 非磁性体層
- 81 サーボパターン
- 82 記録トラック

【図1】

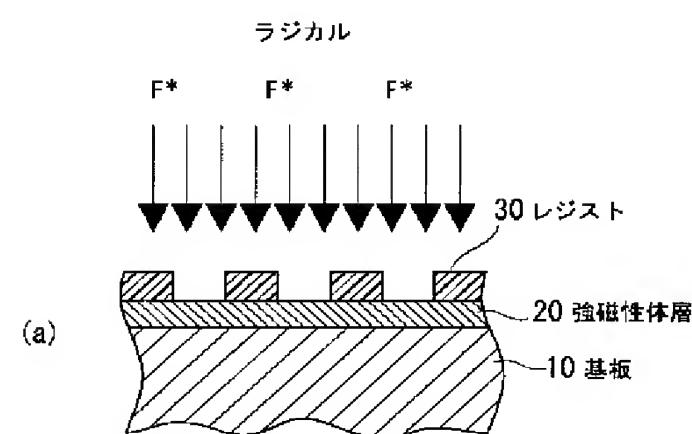


(a)

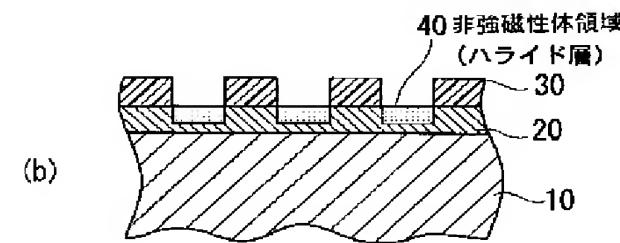


(b)

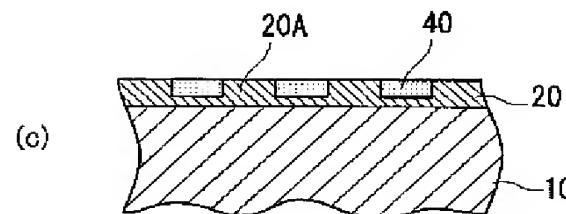
【図2】



(a)

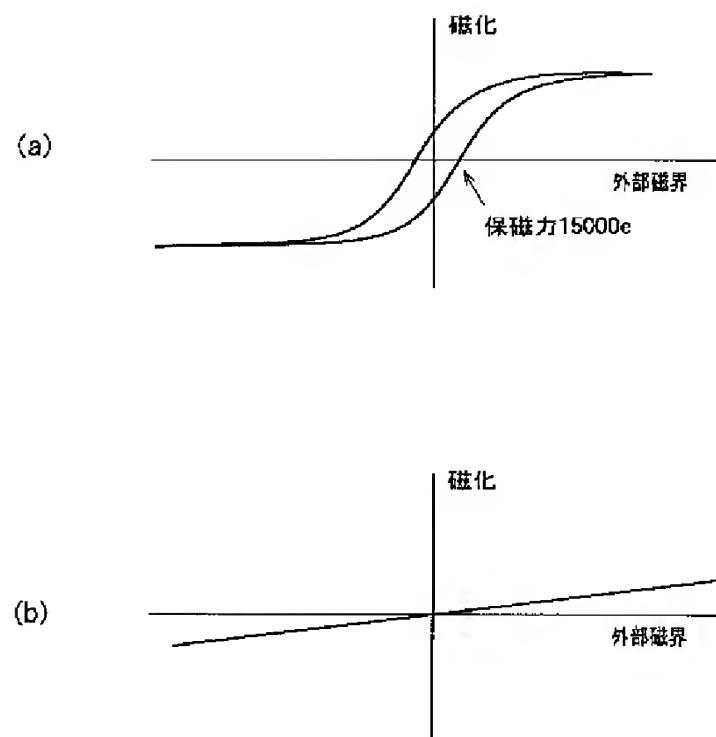


(b)

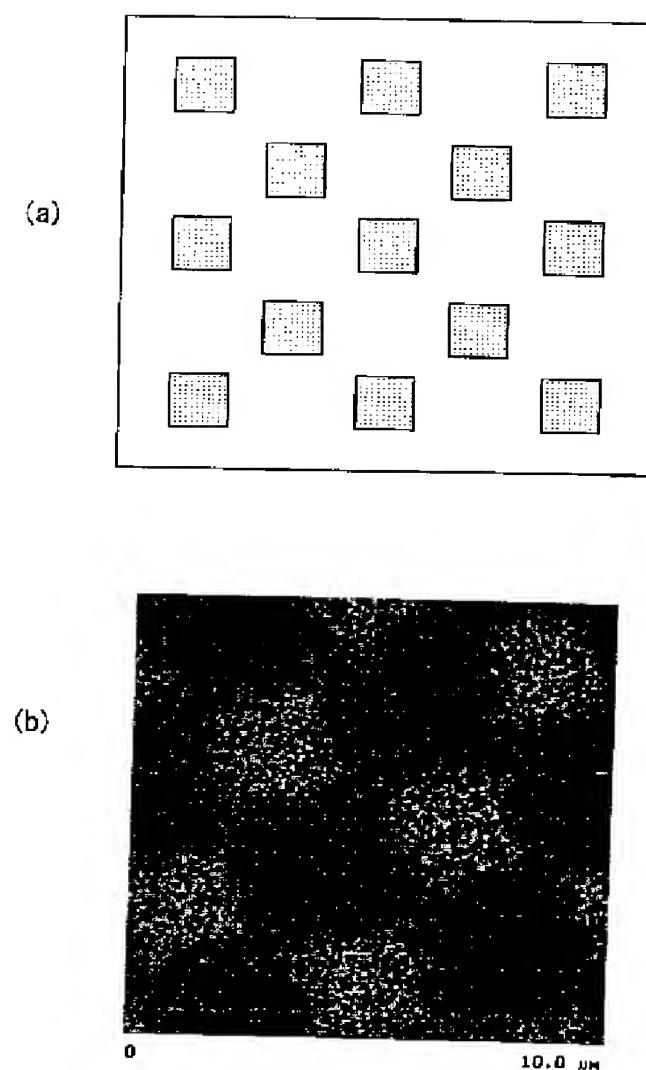


(c)

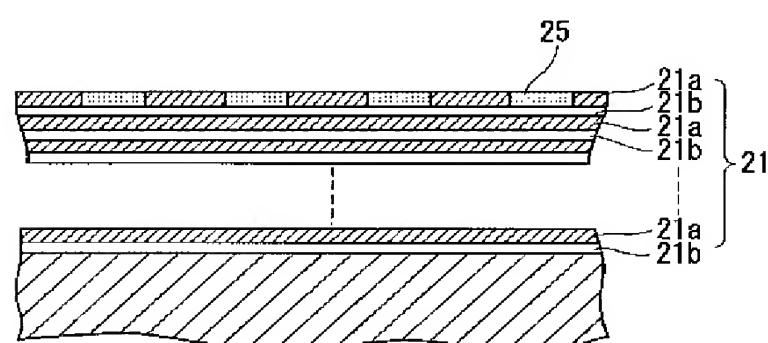
【図3】



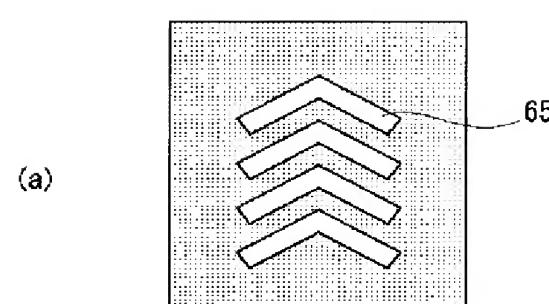
【図4】



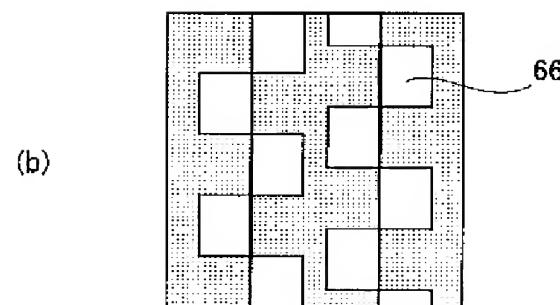
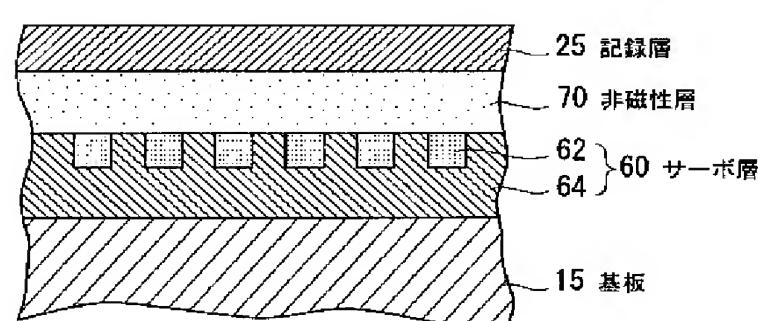
【図5】



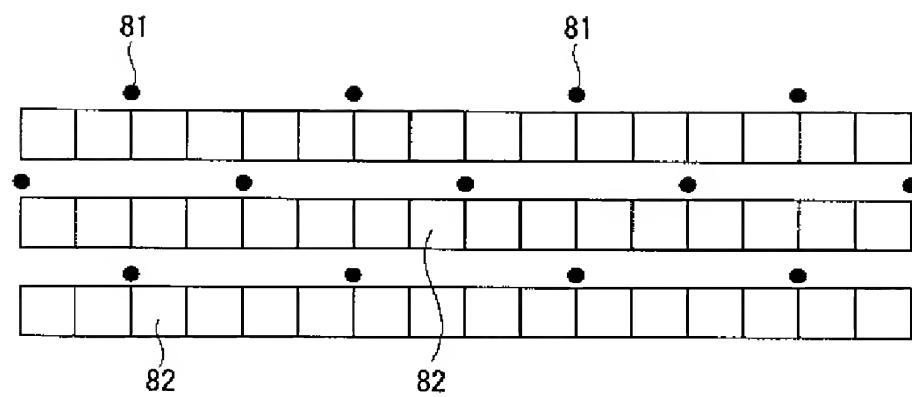
【図6】



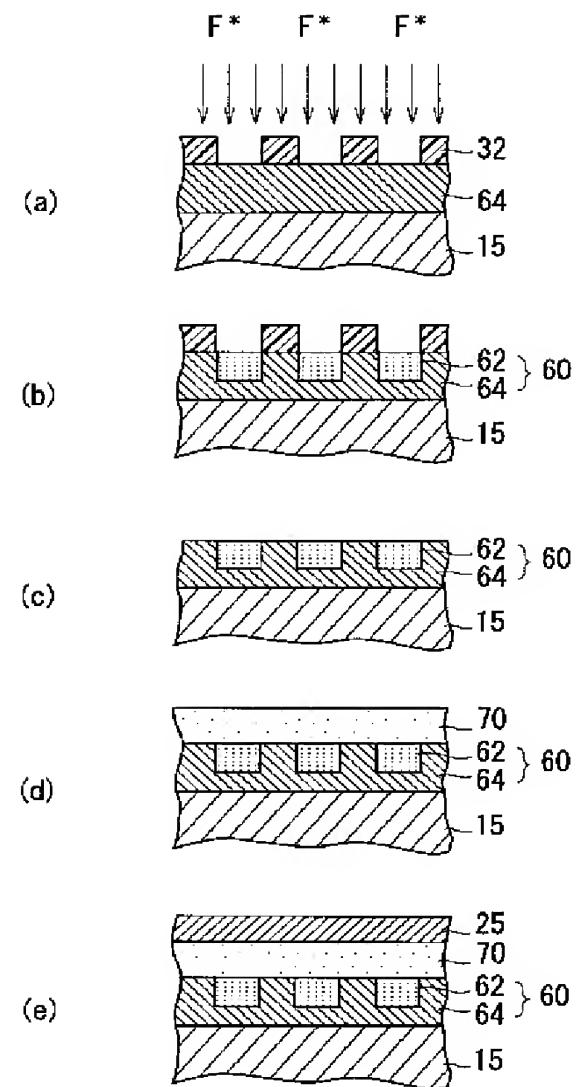
【図8】



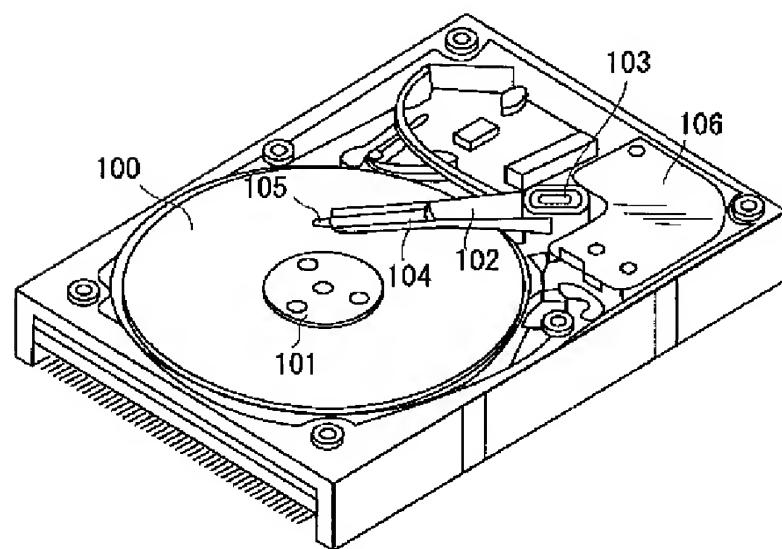
【図7】



【図9】

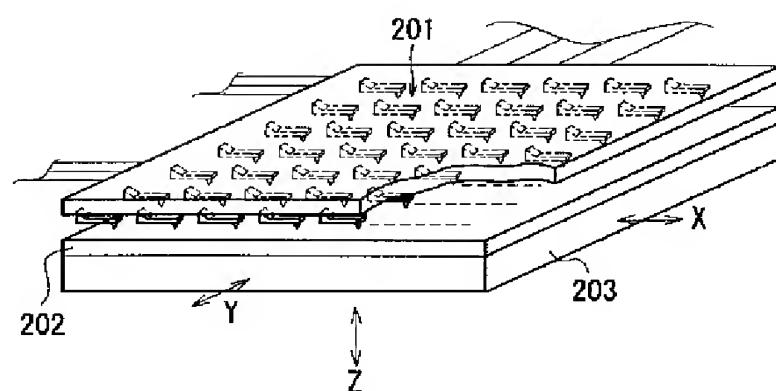


【図10】



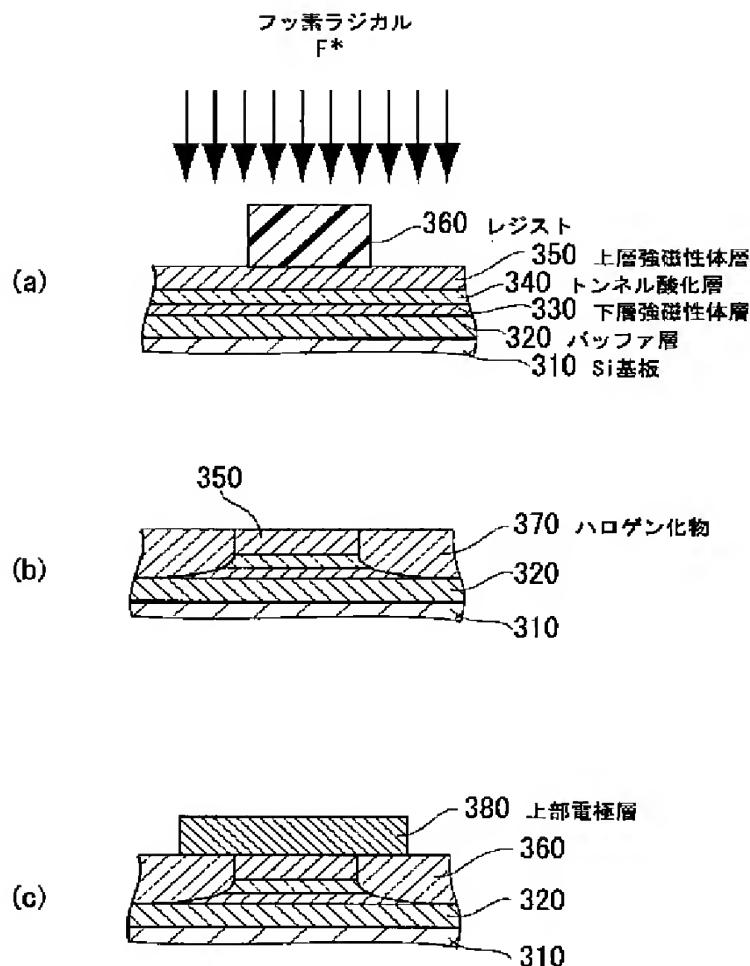
- 100 : 磁気記録媒体
- 101 : スピンドル
- 102 : アクチュエーターーム
- 103 : 固定軸
- 104 : サスペンション
- 105 : ヘッドライダー
- 106 : ボイスコイルモーター

【図11】

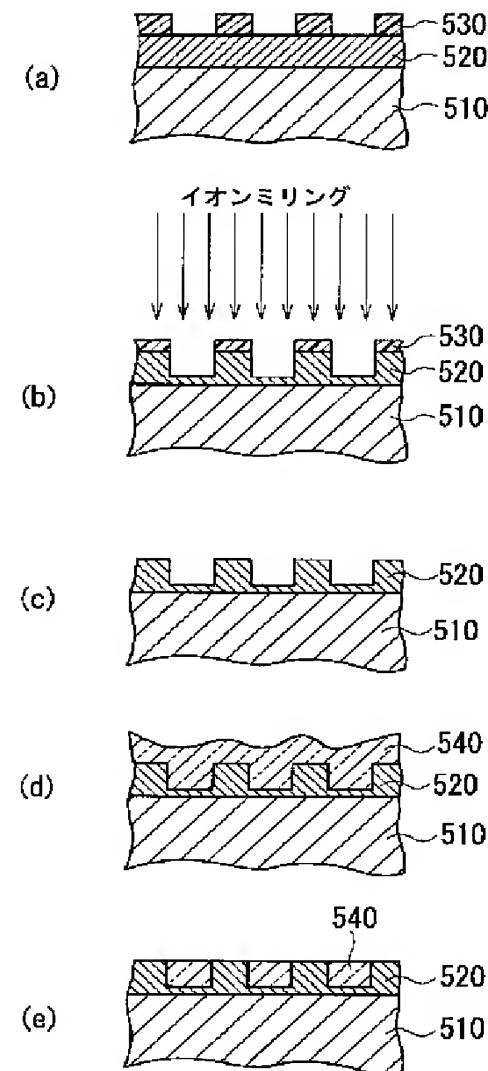


- 201 : ヘッド部
- 202 : 磁気記録媒体
- 203 : ステージ

【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51) Int.C1.7

H 01 F 10/16

H 01 L 27/105

43/08

識別記号

F I

H 01 F 10/16

H 01 L 43/08

27/10

テマコト' (参考)

Z

447

(72) 発明者 稲田 泰之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

F ターム(参考) 5D006 BB02 BB05 BB07 EA04 FA09
5D112 AA05 BB02 BB05 BB10 GA02
GA25 GA26
5E049 AA04 BA06
5F083 FZ10 GA06 GA09 GA27 JA20
JA60